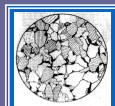


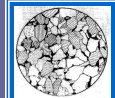
**ФАЗОВАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ  
ГОРНЫХ ПОРОД**

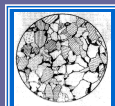




## ФАЗОВАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД

- 5.1. Фазовая и относительная проницаемости пород.
- 5.2. Относительные проницаемости в двухфазных потоках.
- 5.3. Аппроксимация кривых относительных фазовых проницаемостей.
  - 5.3.1. Системы «жидкость - жидкость»
  - 5.3.2. Системы «жидкость - газ»
- 5.4. Относительные проницаемости в трехфазных потоках.
- 5.5. Лабораторные методы определения фазовой проницаемости пород.





## 5.1. Фазовая и относительная проницаемости пород

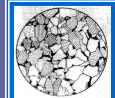
**Фазовая (эффективная) проницаемость** – проницаемость пород для данного газа или жидкости в случае наличия в породе многофазных систем (когда фильтруется две и более фазы).

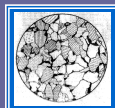
При фильтрации многофазной системы (газированная нефть, двух- и трёхфазные потоки) коэффициент фазовой проницаемости всегда меньше коэффициента абсолютной проницаемости и проницаемости для каждой фазы в отдельности

$$\sum k'_i < 1$$

**Относительной проницаемостью** пористой среды называется отношение фазовой проницаемости этой среды для данной фазы к абсолютной:

$$k'_{\phi} = \frac{k_{\phi}}{k}$$





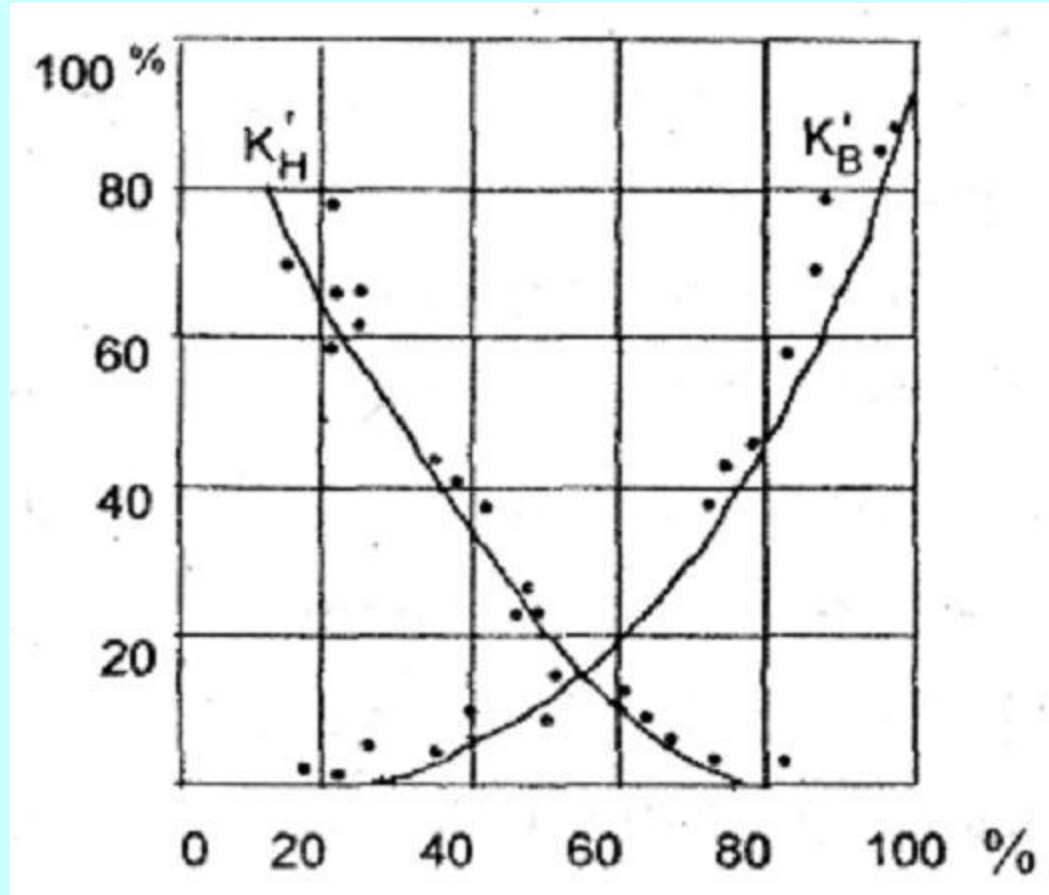
## 5.2. Относительные проницаемости в двухфазных потоках

Водонасыщенность:

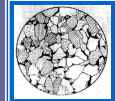
$$S_v = \frac{V_v}{V_{пор}}$$

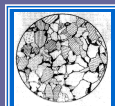
$$K'_H = \frac{K_H}{K}$$

$$K'_v = \frac{K_v}{K}$$

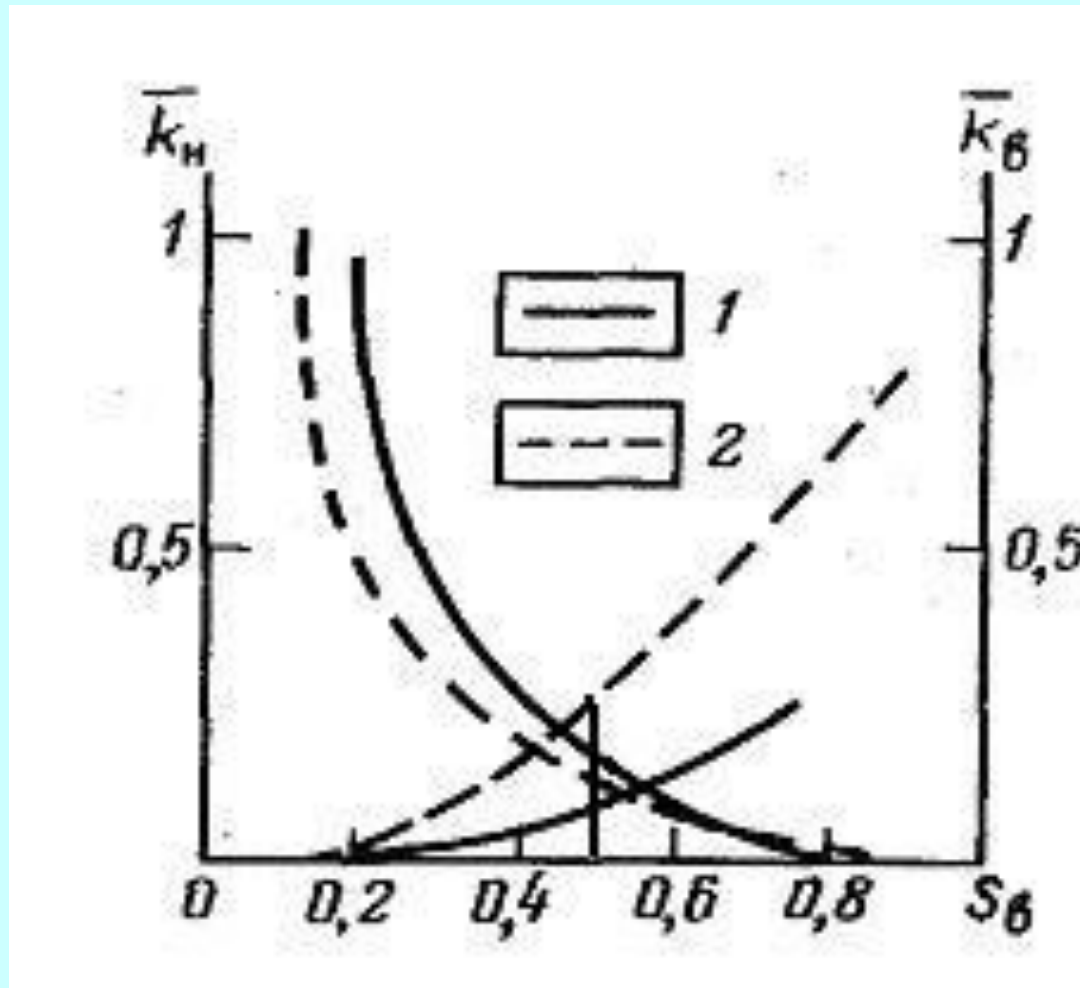


Зависимость относительной проницаемости для воды и нефти от насыщенности водой  $S_v$ .

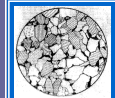




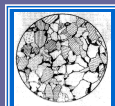
## График влияния смачиваемости пород на вид кривых относительных фазовых проницаемостей



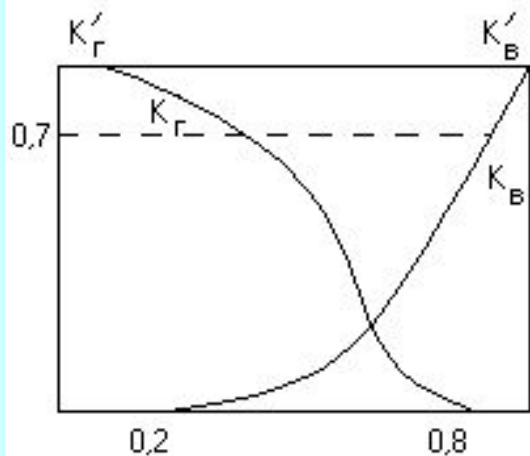
Порода: 1 - гидрофильная; 2 - гидрофобная .



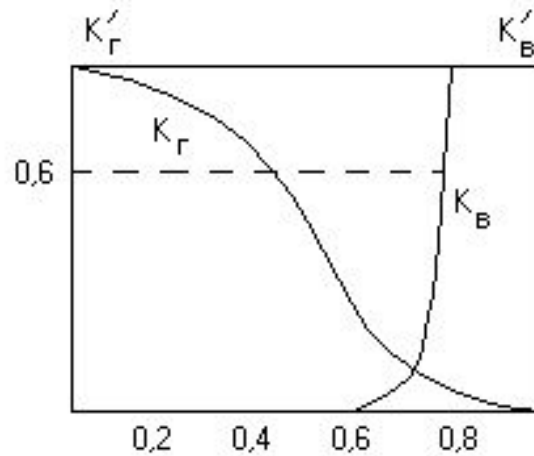




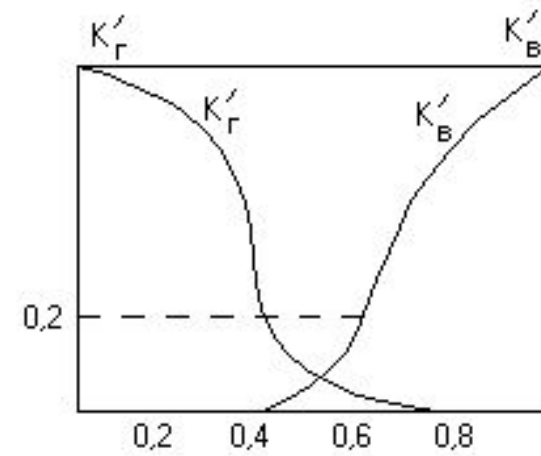
## Зависимость относительной проницаемости для воды и газа от водонасыщенности



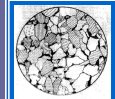
песок

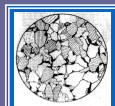


песчаник

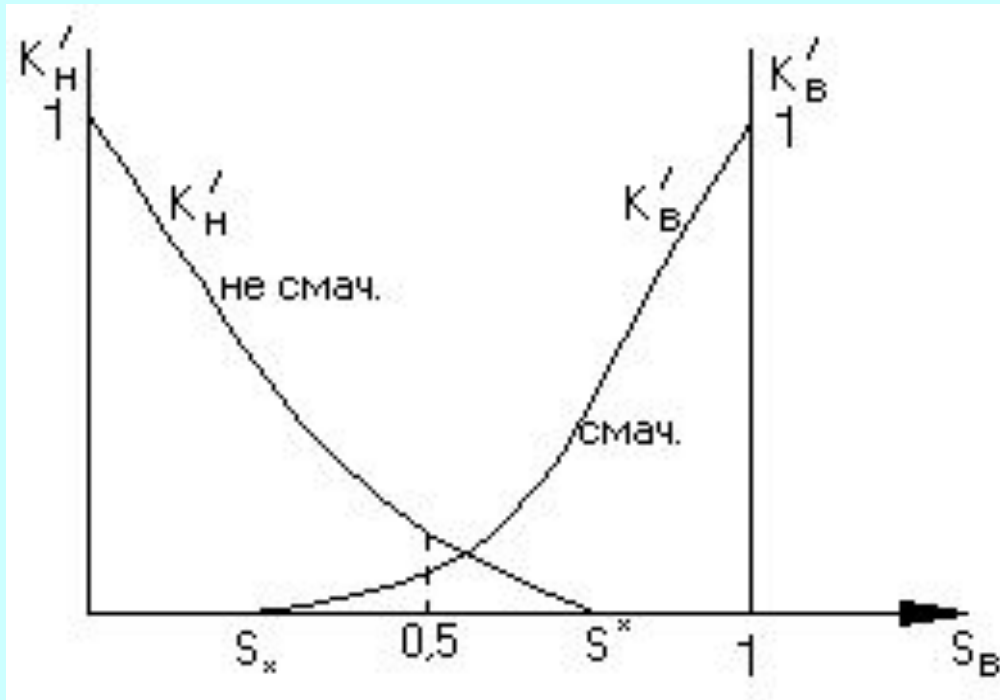


пористые известняки  
и доломиты





## 5.3. Аппроксимация кривых относительных фазовых проницаемостей



Системы «жидкость - жидкость»

$$\kappa'_e(S_e) = a_0 + a_1 S_e + a_2 S_e^2$$

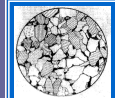
граничные условия:

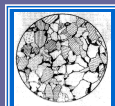
при  $S = 1$   $\kappa'_e(S) = 1$

при  $S = S_*$   $\kappa'_e(S) = 0$

«Идеализированная» двухфазная  
Диаграмма (ж - ж)

$$\frac{d\kappa'_e(S_*)}{dS} = 0$$

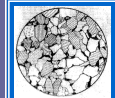




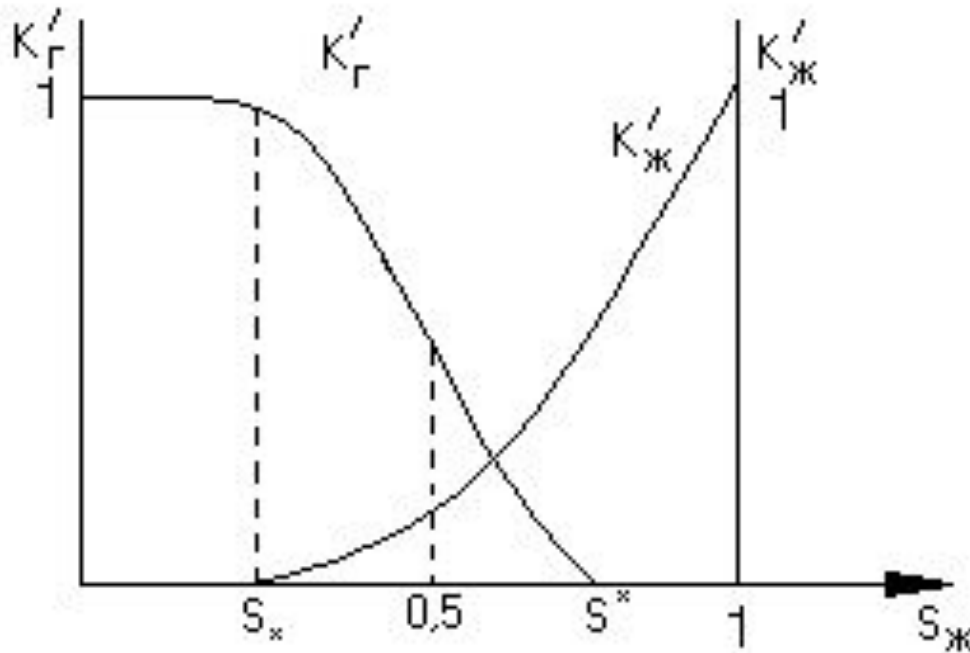
$$\kappa'_g(S) = \begin{cases} 0, & S \leq S_* \\ \left( \frac{S_* - S}{S_* - 1} \right)^2, & S > S_* \end{cases}$$

Аналогично для нефти:

$$\kappa'_n(S) = \begin{cases} 0, & S \geq S^* \\ \left( 1 - \frac{S}{S^*} \right)^2, & 0 \leq S \leq S^* \end{cases}$$







«Идеализированная» двухфазная  
 Диаграмма (ж – г)

## Системы «жидкость - газ»

$$\kappa'_2(S) = c_0 + c_1 S + c_2 S^2 + c_3 S^3$$

граничные условия:

при  $S = S_*$   $\kappa_2(S_*) = 1,$

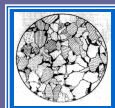
$$\frac{d\kappa_2(S_*)}{dS} = 0,$$

$$\kappa_2(S^*) = 0,$$

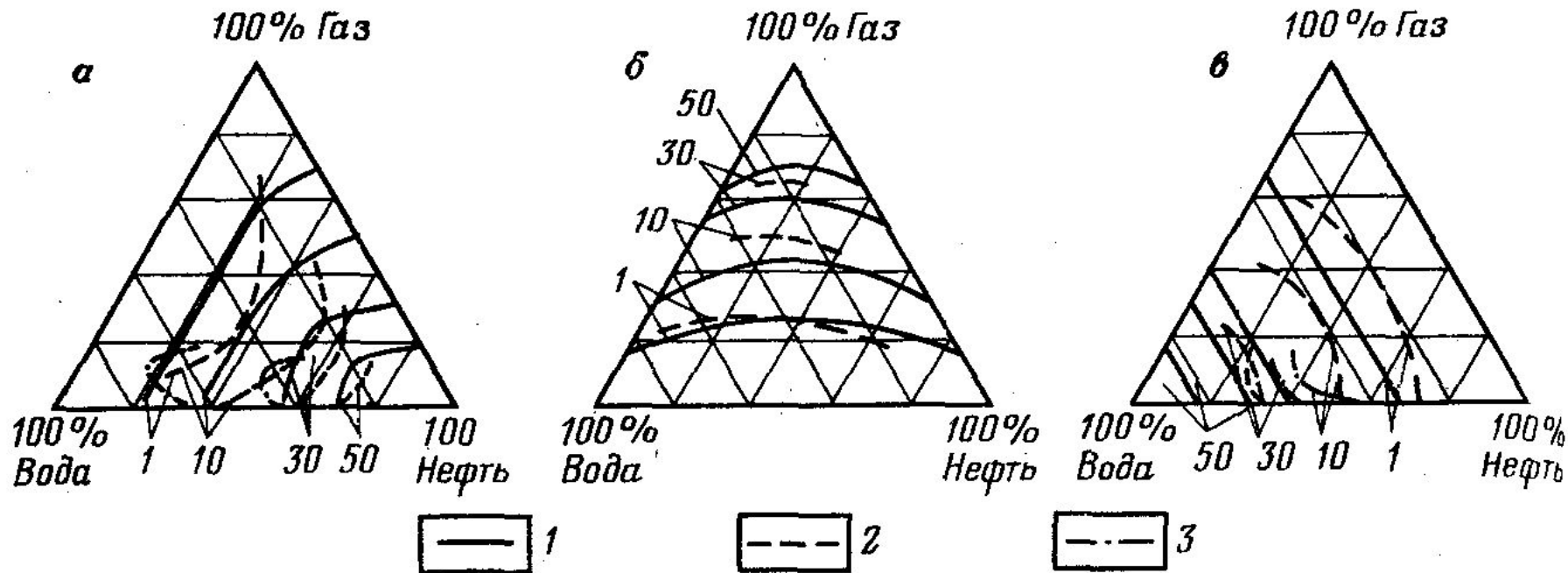
при  $S = S^*$

$$\frac{d\kappa_2(S^*)}{dS} = 0.$$

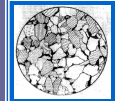
$$\kappa_2(S) = \begin{cases} 0, & S \geq S^* \\ 1, & 0 \leq S \leq S_* \\ (S^* - S)^2 (S^* - 3S_* + 2S), & S_* \leq S \leq S^* \end{cases}$$

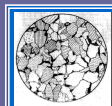


## 5.4. Относительные проницаемости в трехфазных потоках

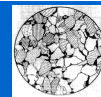
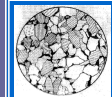
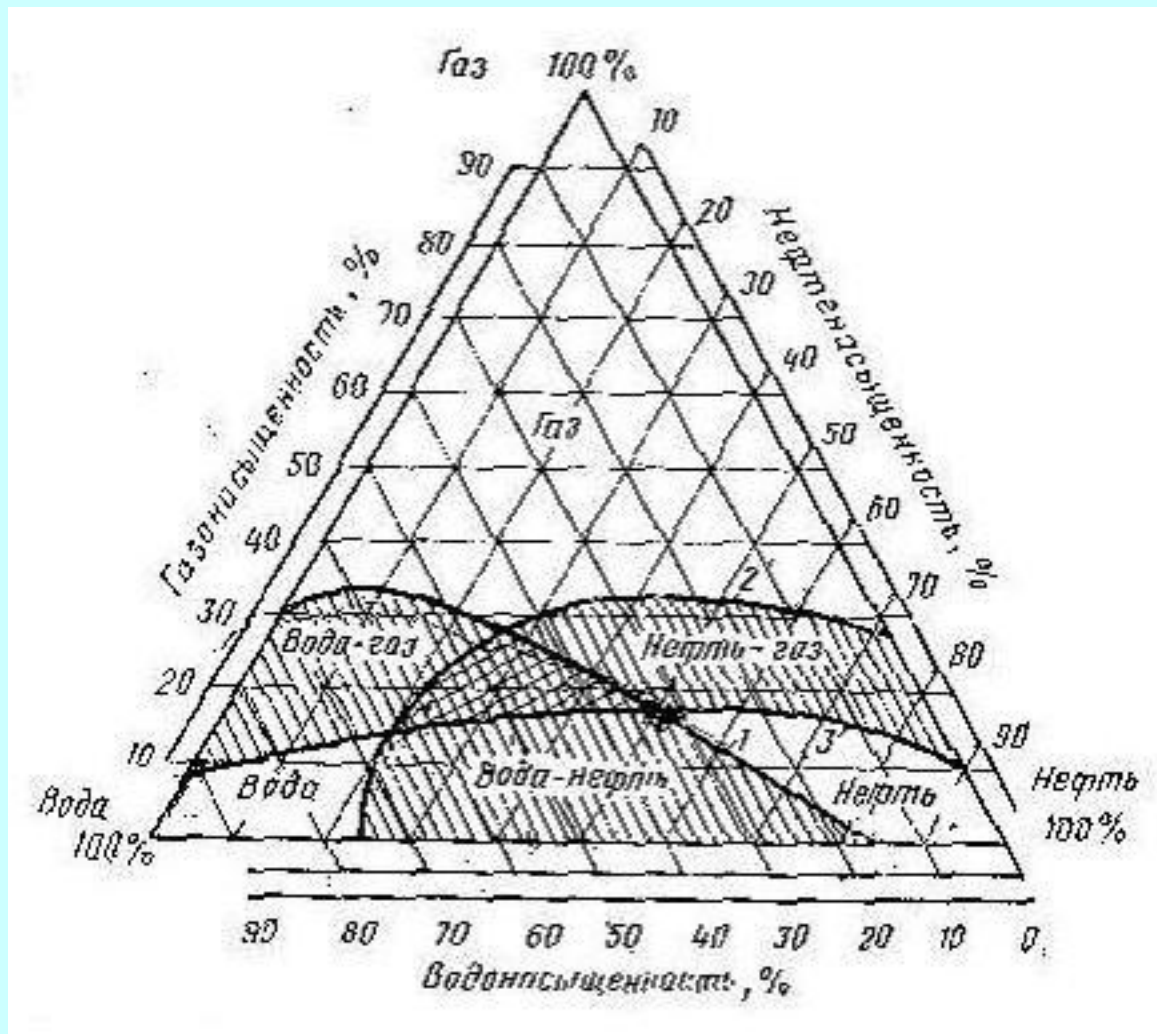


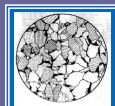
Диаграммы относительной фазовой проницаемости для нефти (а), газа (б) и воды (в) по данным: 1-Левретта и Льюиса, 2-Скелла, 3-Кундина.





## Трехфазная диаграмма относительных проницаемостей при движении системы нефть-газ-вода.





## 5.5. Лабораторные методы определения фазовой проницаемости пород

Основные части установки:

1. Кернодержатель специальной конструкции.
2. Приспособление для приготовления смесей.
3. Устройство для приема, разделения и измерения отдельного расхода жидкостей и газа.
4. Устройство для измерения насыщенности различными фазами пористой среды.
  - 1) измерение электропроводности (сравнение с тарировкой),
  - 2) взвешивание образца.
5. Прибор контроля и регулирования процесса.

Обобщенный закон Дарси для многофазных систем:

$$v_{\phi} = -\frac{k'_{\phi} k}{\mu_{\phi}} \text{grad } p,$$

$$Q_n = -\frac{kk'_n \Delta P}{\mu_n L}, \quad Q_g = -\frac{kk'_g \Delta P}{\mu_g L},$$

Для каждой фазы:

$$Q_w = -\frac{kk'_w \Delta P}{\mu_w L}, \quad Q_o = -\frac{kk'_o \Delta P}{\mu_o L}$$

$Q_n$   $Q_g$   $Q_{\Gamma}$  - расходы нефти, воды и газа в общем потоке системы на выходе из модели пласта.

